



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 34 322 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
G 01 L 3/04
G 01 B 7/30

⑳ Aktenzeichen: 198 34 322.1
㉔ Anmeldetag: 30. 7. 1998
㉔③ Offenlegungstag: 3. 2. 2000

DE 198 34 322 A 1

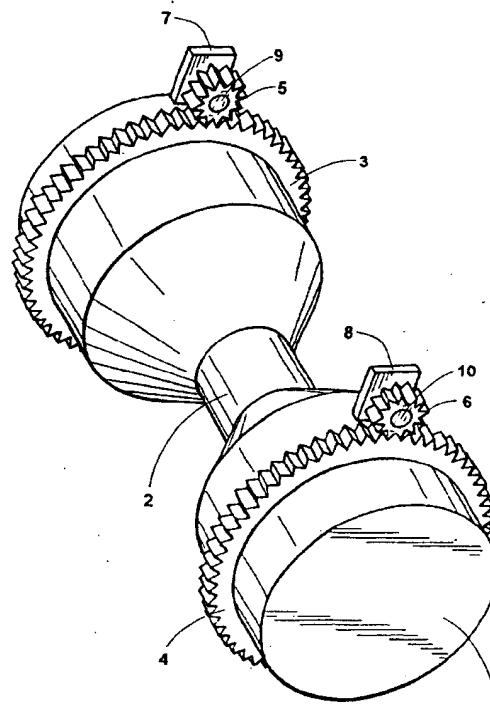
㉔① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉔② Erfinder:
Gruber, Juergen, 74374 Zaberfeld, DE; Marx, Klaus,
Dr., 70563 Stuttgart, DE; Kittel, Hartmut, Dr., 71287
Weissach, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments

⑤⑦ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments unter Verwendung von Rotationskörpern beschrieben, die um bezüglich der Längsrichtung der Welle versetzte Wellen-Abschnitte angeordnet sind und sich mit diesen drehen. Das beschriebene Verfahren und die beschriebene Vorrichtung zeichnen sich dadurch aus, daß das Drehmoment basierend auf den erfaßten Stellungen oder Bewegungen von durch die besagten Rotationskörper drehbaren zweiten Rotationskörper ermittelt wird. Dadurch kann das auf die Welle wirkende Drehmoment selbst bei Verwendung von geringer Meßgenauigkeit aufweisenden Sensoren zur Ermittlung der Stellungen oder Bewegungen der zweiten Rotationskörper, also auf einfache Weise und mit minimalem Aufwand, äußerst genau ermittelt werden.



DE 198 34 322 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 2, d. h. ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments unter Verwendung von Rotationskörpern, die um bezüglich der Längsrichtung der Welle versetzte Wellen-Abschnitte angeordnet sind und sich mit diesen drehen.

Verfahren und Vorrichtungen dieser Art sind beispielsweise, aber bei weitem nicht ausschließlich in Getriebesteuerungen, Elektromotorregelungen, Lenkhilfesystemen in Kraftfahrzeugen etc. erforderlich. Dabei kann es notwendig sein, die Drehmomenterfassung auch während des Drehens der Welle durchzuführen.

Verfahren und Vorrichtungen dieser Art sind beispielsweise aus der DE 196 33 380 A1 bekannt.

Die in dieser Druckschrift beschriebenen Vorrichtungen zur Drehmomenterfassung umfassen als wesentliche Bestandteile zwei Rotationskörper, die um bezüglich der Längsrichtung der Welle versetzte Wellen-Abschnitte angeordnet sind und sich mit diesen drehen. Wenn und so lange auf die Welle ein Drehmoment wirkt, werden die Rotationselemente infolge der sich dann einstellenden Torsion der Welle entsprechend der Torsion gegeneinander verdreht, und diese Verdrehung der Rotationskörper kann durch einen oder mehrere Sensoren anhand der Relativlage von an den Rotationskörpern vorgesehenen Schlitzen, Zähnen oder dergleichen bestimmt werden.

Verfahren und Vorrichtungen dieser Art sind insofern nachteilig, als die damit erzielbare Meßgenauigkeit selbst bei exakter Einhaltung der Soll-Abmessungen der einzelnen Bestandteile und optimaler Justierung derselben mitunter nicht den gestellten Anforderungen genügt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und die Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 2 derart weiterzubilden, daß sich mit einer einfach aufgebauten Drehmomenterfassungsvorrichtung eine hochgenaue Drehmomenterfassung durchführen läßt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 beanspruchten Merkmale (Verfahren) bzw. durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 2 beanspruchten Merkmale (Vorrichtung) gelöst.

Demnach ist vorgesehen, daß das Drehmoment basierend auf den erfaßten Stellungen oder Bewegungen von durch die besagten Rotationskörper drehbaren zweiten Rotationskörpern ermittelt wird.

Durch geeignete Wahl des Übersetzungsverhältnisses zwischen den ersten Rotationskörpern und den zweiten Rotationskörpern kann erreicht werden, daß der Umfang, in dem die zweiten Rotationskörper gedreht werden, erheblich größer ist als der Umfang der Drehung der die zweiten Rotationskörper drehenden ersten Rotationskörper. Dadurch können selbst geringfügige Torsionen oder Torsionsänderungen in dem sich zwischen den Rotationskörpern erstreckenden Wellen-Abschnitt (geringfügige Drehungen bzw. relativ zueinander erfolgende Verdrehungen der um die Welle angeordneten ersten Rotationskörper) umfangreiche Drehungen bzw. Verdrehungen der zweiten Rotationskörper zur Folge haben. Dies wiederum eröffnet die Möglichkeit, daß das auf die Welle wirkende Drehmoment selbst bei Verwendung von geringe Meßgenauigkeit aufweisenden Sensoren zur Ermittlung der Stellungen oder Bewegungen der zweiten Rotationskörper, also auf einfache Weise und mit minimalem Aufwand äußerst genau ermittelt werden kann.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der folgenden Beschreibung und den Figuren entnehmbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die nachfolgend näher beschriebene Anordnung zur Erfassung eines auf eine Welle wirkenden Drehmoments, und

Fig. 2 eine Anordnung gemäß **Fig. 1**, mit welcher neben dem auf die Welle wirkenden Drehmoment auch der Drehwinkel der Welle ermittelt werden kann.

Die Welle, von welcher das Drehmoment und gegebenenfalls zusätzlich der Drehwinkel ermittelt werden sollen, ist in den Figuren mit dem Bezugszeichen **1** bezeichnet. Es handelt sich im betrachteten Beispiel um eine Lenksäule in einem Kraftfahrzeug. Allerdings besteht hierauf keine Einschränkung. Bei der Welle kann es sich grundsätzlich um eine beliebig ausgebildete und für beliebige Zwecke einsetzbare Welle handeln. Es besteht auch keine Einschränkung darauf, daß die Welle nur hin- und herbewegbar ist; das beschriebene Verfahren und die beschriebene Vorrichtung eignen sich auch für den Einsatz bei rotierenden Wellen.

Die Welle **1** weist eine Verjüngung **2** auf, an welcher ihr Querschnitt mehr oder weniger stark verringert ist. Die Verjüngung **2** wird vorgesehen, weil sich dort bei einem auf die Welle **1** wirkenden Drehmoment eine besonders ausgeprägte Torsion einstellt, und weil die Größe des wirkenden Drehmoments letztlich basierend auf dem Umfang der Torsion der Welle ermittelt wird. Durch in den Figuren nicht gezeigte Mittel wird erreicht, daß die Torsion der Welle im Bereich der Verjüngung einen vorgegebenen Maximalwert (beispielsweise $\pm 3^\circ$) nicht übersteigen kann; damit wird verhindert, daß die Welle **1** im Bereich der Verjüngung dauerhaft beschädigt oder zerstört wird.

Diesseits und jenseits (vor und hinter) der Verjüngung **2** sind um die Welle **1** erste Rotationskörper in Form von ersten Zahnrädern **3** bzw. **4** angeordnet. Diese Zahnräder sind vorzugsweise identisch ausgebildet und weisen eine große Anzahl von Zähnen auf.

In die ersten Zahnräder **3**, **4** greift jeweils ein zweiter Rotationskörper in Form eines zweiten Zahnrades **5** bzw. **6** ein. Die zweiten Zahnräder **5**, **6** sind ebenfalls identisch ausgebildet; sie sind aber erheblich kleiner und weisen eine erheblich geringere Anzahl von Zähnen auf als die ersten Zahnräder **3**, **4**.

Benachbart zu den zweiten Zahnrädern **5** und **6** sind Winkelsensoren **7**, **8** angeordnet, durch welche die jeweiligen Stellungen und Bewegungen der zweiten Zahnräder **5** und **6** erfassbar sind.

Die Winkelsensoren sind im betrachteten Beispiel sogenannte AMR-Sensoren (Anisotrop-Magneto-Resistive Sensoren). AMR-Sensoren weisen die besondere Eigenschaft auf, daß deren ohmscher Widerstand von der Richtung des in ihrer Umgebung herrschenden Magnetfeldes abhängt. Im Fall der Verwendung von AMR-Sensoren als Winkelsensoren sind in oder auf den zweiten Zahnrädern **5**, **6** diametral magnetisierte Magnete **9**, **10** vorgesehen. Dann hängen die ohm-

schen Widerstände der AMR-Sensoren von den Stellungen und Bewegungen der zweiten Zahnräder 5 und 6 ab.

Obgleich die Drehwinkelerfassung unter Verwendung von AMR-Winkelsensoren besonders einfach und kostengünstig ist, besteht hierauf keine Einschränkung. Grundsätzlich kann die Drehwinkelerfassung auch auf beliebige andere Art und Weise erfolgen.

Die zweiten Zahnräder 5, 6 und die AMR-Sensoren 7, 8 sind ortsfest neben der Welle 1 angeordnet. D.h., sie drehen sich nicht um die Achse der Welle 1.

Wenn auf die Welle 1 ein Drehmoment wirkt, bewirkt dies eine Torsion der Welle 1, welche im Bereich der Verjüngung 2 besonders ausgeprägt ist. Dies hat zur Folge, daß sich die diesseits und jenseits der Verjüngung 2 gelegenen Wellenabschnitte und mit diesen die um diese angeordneten ersten Zahnräder 3, 4 gegeneinander verdrehen, wobei der Umfang der Verdrehung in vorbestimmter Weise vom Umfang der Torsion im Bereich der Verjüngung 2 abhängt, welche ihrerseits wiederum in vorbestimmter Weise von der Größe des auf die Welle 1 wirkenden Drehmoments abhängt. Der Umfang der relativ zueinander erfolgenden Verdrehung der ersten Zahnräder 3, 4 ist mithin ein Maß für das auf die Welle 1 wirkende Drehmoment.

Mit dem Drehen (Verdrehen) der ersten Zahnräder 3, 4 drehen (verdrehen) sich auch die in diese eingreifenden zweiten Zahnräder 5, 6, und die jeweilige Drehung (Verdrehung) dieser zweiten Zahnräder wird durch die AMR-Sensoren 7, 8 erfaßt. Die relativ zueinander erfolgende Verdrehung (die Differenz der Drehwinkel) der zweiten Zahnräder 5, 6 ist proportional zum Torsionswinkel des sich zwischen den ersten Zahnrädern 3, 4 erstreckenden Abschnittes der Welle 1 und zum Übersetzungsverhältnis zwischen den ersten Zahnrädern 3, 4 und den zweiten Zahnrädern 5, 6. Durch die Erfassung und Auswertung der Differenz der Drehwinkel der zweiten Zahnräder 5, 6 kann mithin das auf die Welle 1 wirkende Drehmoment ermittelt werden.

Daß nicht die Drehung (Verdrehung) der ersten Zahnräder 3, 4, sondern die Drehung (Verdrehung) der zweiten Zahnräder 5, 6 gemessen wird, ist von großem Vorteil, weil sich diese aufgrund des gewählten Übersetzungsverhältnisses zwischen den ersten Zahnrädern 3, 4 und den zweiten Zahnrädern 5, 6 mehr (um einen größeren Differenzwinkel) verdrehen als es bei den ersten Zahnrädern 3, 4 der Fall ist; geringe Drehungen (Verdrehungen) der ersten Zahnräder 3, 4 bewirken große (um ein Vielfaches größere) Drehungen (Verdrehungen) der zweiten Zahnräder 5, 6.

Der sich zwischen den ersten Zahnrädern 3, 4 erstreckende Abschnitt der Welle ist so ausgelegt, daß der sich dort einstellende Torsionswinkel selbst dann, wenn relativ große Drehmomente wirken, relativ klein ist (beispielsweise $\pm 3^\circ$). Würde man die Drehung (Verdrehung) der ersten Zahnräder 3, 4 unter Verwendung von Sensoren mit geringer oder normaler Meßgenauigkeit messen und aus den Meßergebnissen das wirkende Drehmoment ermitteln wollen, so wäre das Ergebnis relativ ungenau; indem vorliegend die vergleichsweise sehr große Drehung (Verdrehung) der zweiten Zahnräder 5, 6 gemessen und basierend hierauf das wirkende Drehmoment ermittelt wird, kann selbst bei Verwendung von Sensoren mit geringer Meßgenauigkeit (die vorliegend verwendeten AMR-Sensoren 7, 8, weisen eine Meßgenauigkeit von nur ca. $0,5^\circ$ auf) eine äußerst genaue Ermittlung des wirkenden Drehmoments durchgeführt werden.

Auf die beschriebene Art und Weise kann also mit minimalem Aufwand, d. h. einfach und billig eine äußerst genaue Ermittlung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments durchgeführt werden.

Das beschriebene Verfahren und die beschriebene Vorrichtung können zusätzlich zur Ermittlung der Stellung der Welle 1 verwendet werden, wenn, wie in Fig. 2 dargestellt ist, zusätzlich ein dritter Rotationskörper in Form eines dritten Zahnrades 11 mit einem diametral magnetisierten Magneten 12 und einem Winkelsensor in Form eines weiteren AMR-Sensors 13 vorgesehen werden.

Die in der Fig. 2 gezeigte Anordnung entspricht weitestgehend der Anordnung gemäß Fig. 1; einander entsprechende Bestandteile sind mit den selben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Das dritte Zahnrad 11 greift wie das zweite Zahnrad 5 in das erste Zahnrad 3 ein; es ist wie das zweite Zahnrad 5 erheblich kleiner als das erste Zahnrad 3 und weist auch erheblich weniger Zähne auf als das erste Zahnrad 3. Allerdings sind das dritte Zahnrad 11 und das zweite Zahnrad 5 nicht identisch; das dritte Zahnrad 11 weist mehr oder weniger Zähne (im betrachteten Beispiel einen Zahn mehr oder weniger) als das zweite Zahnrad 5 auf.

Der Magnet 12 und der AMR-Sensor 13 entsprechen den Magneten 9, 10 und den AMR-Sensoren 7, 8 der zweiten Zahnräder 5, 6.

Das dritte Zahnrad 11 und der AMR-Sensor sind wiederum ortsfest neben der Welle 1 angeordnet. D.h., sie drehen sich nicht um die Achse der Welle 1.

Ein Drehung der Welle 1, genauer gesagt eine Drehung des sich mit der Welle 1 drehenden ersten Zahnrades 3 bewirkt, daß die in dieses eingreifenden Zahnräder, d. h. das zweite Zahnrad 5 und das dritte Zahnrad 11 mitgedreht werden. Wegen der unterschiedlichen Anzahl der Zähne des zweiten Zahnrades 5 und des dritten Zahnrades 11 werden diese jedoch in unterschiedlichem Umfang mitgedreht. Aus den verschiedenen Umfängen, in denen das zweite Zahnrad 5 und das dritte Zahnrad 11 durch eine Drehung des ersten Zahnrades 3 gedreht werden (aus der Differenz der Drehwinkel) kann ermittelt werden, in welchem Umfang das erste Zahnrad 3 bzw. die Welle 1 gedreht wurde.

Für den Fall, daß das dritte Zahnrad 11 einen Zahn mehr aufweist als das zweite Zahnrad 5, kann die Berechnung des Umfanges der Drehung der Welle 1 nach der Gleichung

$$\varphi = \frac{m \cdot \psi + (m + 1) \cdot \theta - (2m + 1) \cdot k \cdot \Omega}{2n}$$

erfolgen, wobei

$$k = \frac{(m + 1) \cdot \theta - m \cdot \psi}{\Omega}$$

gilt, und

ϕ den Drehwinkel der Welle 1,

Ψ den Drehwinkel des zweiten Zahnrades 5,

θ den Drehwinkel des dritten Zahnrades 11,

5 n die Anzahl der Zähne des ersten Zahnrades 3,

m die Anzahl der Zähne des zweiten Zahnrades 5, und

Ω die Periodizität der AMR-Sensoren 7 und 13 (üblicherweise 180° oder 360°) bezeichnen.

10 Damit ist es mit minimalem Aufwand möglich, das auf die Welle 1 wirkende Drehmoment und zugleich die Stellung der Welle 1 zu ermitteln. Die Kenntnis dieser beiden Größen ist beispielsweise erforderlich, wenn es sich bei der Welle 1 um eine Lenksäule eines Kraftfahrzeuges handelt; moderne Lenkhilfesysteme müssen sowohl den Lenkradwinkel als auch das auf die Lenksäule wirkende Drehmoment kennen.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß die beschriebenen Anordnungen bei im wesentlichen gleichbleibender Funktion und Wirkungsweise in vielfacher Hinsicht modifizierbar sind.

15 So besteht beispielsweise keine Einschränkung darauf, daß die ersten, zweiten und dritten Rotationskörper durch Zahnräder gebildet werden. Es wäre beispielsweise auch denkbar, anstelle der Zahnräder Gummiwalzen oder sonstige Rotationskörper zu verwenden.

Es ist ferner nicht erforderlich, daß die zweiten und dritten Rotationskörper unmittelbar durch die ersten Rotationskörper angetrieben werden. Der Antrieb könnte beispielsweise auch über Riemen (Zahnriemen, Keilriemen), Ketten oder dergleichen erfolgen.

20 Darüber hinaus müssen die Welle und die ersten Rotationskörper keine separaten Einzelteile sein; die Welle und die ersten Rotationskörper können auch eine einstückig ausgebildete Einheit sein.

25 Unabhängig von den Einzelheiten der praktischen Realisierung wird es durch das vorstehend beschriebene Verfahren und die vorstehend beschriebene Vorrichtung ermöglicht, auf denkbar einfache Weise und mit minimalem Aufwand die Stellung einer Welle und/oder das auf die Welle wirkende Drehmoment äußerst genau zu ermitteln.

Patentansprüche

30

1. Verfahren zur Ermittlung des auf eine Welle (1) wirkenden Drehmoments unter Verwendung von Rotationskörpern (3, 4), die um bezüglich der Längsrichtung der Welle versetzte Wellen-Abschnitte angeordnet sind und sich mit diesen drehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Drehmoment basierend auf den erfaßten Stellungen oder Bewegungen von durch die besagten Rotationskörper (3, 4) drehbaren zweiten Rotationskörpern (5, 6) ermittelt wird.

35

2. Vorrichtung zur Ermittlung des auf eine Welle (1) wirkenden Drehmoments unter Verwendung von Rotationskörpern (3, 4), die um bezüglich der Längsrichtung der Welle versetzte Wellen-Abschnitte angeordnet sind und sich mit diesen drehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung dazu ausgelegt ist, das Drehmoment basierend auf den erfaßten Stellungen oder Bewegungen von durch die besagten Rotationskörper (3, 4) drehbaren zweiten Rotationskörpern (5, 6) zu ermitteln.

40

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die um die Welle (1) angeordneten ersten Rotationskörper (3, 4) und die zweiten Rotationskörper (5, 6) derart ausgebildet sind, daß eine Drehung der ersten Rotationskörper eine demgegenüber um ein Vielfaches umfangreichere Drehung der zweiten Rotationskörper bewirkt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erfassung der Stellung oder Bewegung der zweiten Rotationskörper (5, 6) AMR-Sensoren (7, 8) verwendet werden.

45

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweiten Rotationskörper (5, 6) diametral magnetisierte Magnete (9, 10) enthalten.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die um die Welle (1) angeordneten ersten Rotationskörper (3, 4) erste Zahnräder sind, und daß die zweiten Rotationskörper (5, 6) in die ersten Zahnräder eingreifende zweite Zahnräder sind.

50

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweiten Zahnräder (5, 6) kleiner als die ersten Zahnräder (3, 4) sind und weniger Zähne als diese aufweisen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein von einem der ersten Rotationskörper (3, 4) drehbarer dritter Rotationskörper (11) vorgesehen ist.

55

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der dritte Rotationskörper (11) und der diesen drehende erste Rotationskörper (3) derart ausgebildet sind, daß eine Drehung des ersten Rotationskörpers eine demgegenüber um ein Vielfaches umfangreichere Drehung des dritten Rotationskörpers bewirkt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der dritte Rotationskörper (11), der den dritten Rotationskörper (11) drehende erste Rotationskörper (3), und der von diesem ersten Rotationskörper gedrehte zweite Rotationskörper (5) derart ausgebildet sind, daß der zweite Rotationskörper (5) und der dritte Rotationskörper (11) durch Drehungen des ersten Rotationskörpers (3) unterschiedlich stark gedreht werden.

60

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung dazu ausgelegt ist, basierend auf unterschiedlich weiten Drehungen des zweiten Rotationskörpers (5) und des dritten Rotationskörpers (11) die Stellung der Welle (1) zu ermitteln.

65

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der dritte Rotationskörper (11) ein in eines der ersten Zahnräder (3, 4) eingreifendes drittes Zahnrad ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß das dritte Zahnrad (11) kleiner als das zugeordnete erste Zahnrad (3) ist und weniger Zähne als dieses aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das dritte Zahnrad (11) mehr oder weni-

DE 198 34 322 A 1

ger Zähne aufweist als das zweite Zahnrad (5), das durch das dritte Zahnrad (11) drehende erste Zahnrad (3) gedreht wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

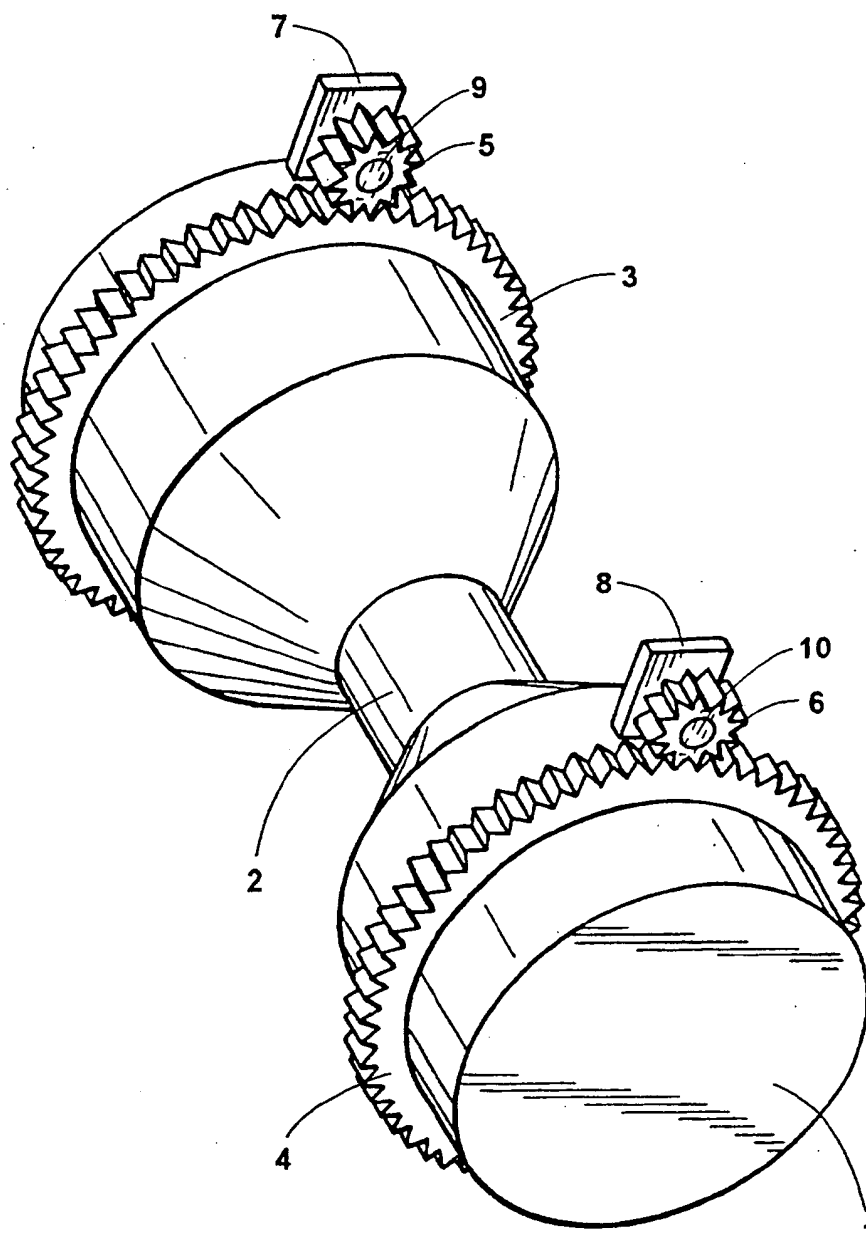
55

60

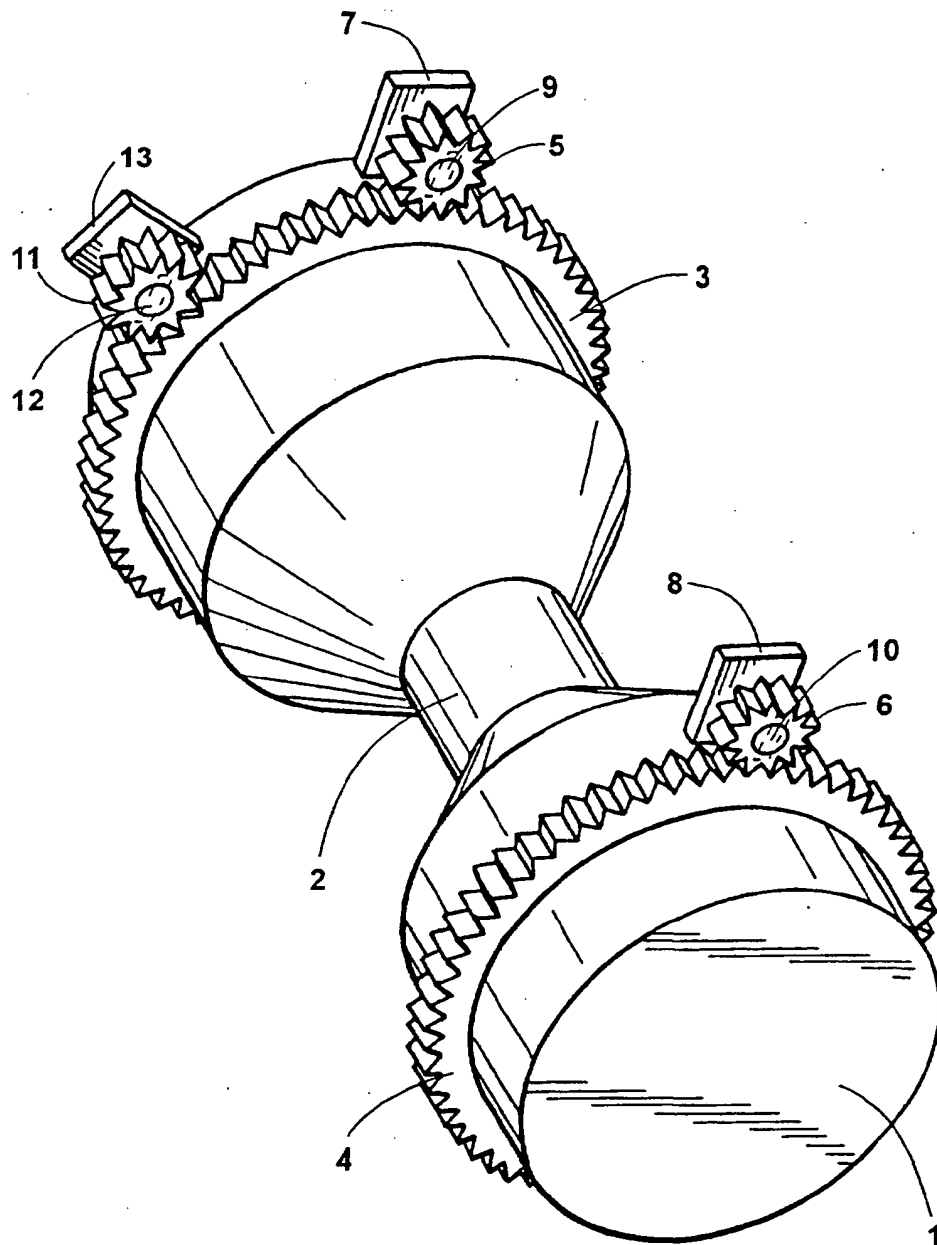
65

BEST AVAILABLE COPY

- Leerseite -



FIGUR 1



FIGUR 2